

核能簡訊
雙月刊 92
中華民國九十四年一月號
富貴平安
國內外核能新聞
地球與未來------環境與能源總體檢
新核能的潛在願景及民營用過核子燃料貯存計畫
日本電中研的低劑量輻射研究中心簡介

92 核能簡訊 民國九十四年一月二十日出刊
核能簡訊雙月刊 CONTENTS Jan



出版單位／中華民國核能學會
財團法人核能資訊中心
地　址／新竹市光復路二段一〇一號
研發大樓208室
電　話／(03) 5711808
傳　真／(03) 5725461
網　址／http://www.ess.nthu.edu.tw/~nicenter
E-mail／nic@nicenter.twmail.net
發 行 人／朱鐵吉
編輯委員／鄭安弘、李錦田、林　英、林明雄
劉宏基、江祥輝、許志模、開執中
謝灜春、丁　幹、閻中原、李三剛
劉仁賢、翁寶山
主　編／喻冀平
文　編／鍾玉娟、翁明琪
美　編／孫秀琴
編 印 者／信誠廣告事業有限公司
地　址／台北市興安街100號3樓之5

■ 行政院新聞局出版事業登記證．局版臺誌字第 851 號

編者的話

二氧化碳的大量排放，造成溫室效應對全球生態環境所產生的影響是有目共睹的。如何將二氧化碳的排放量減至最低，以減少對環境的破壞，已是世界各國當前首要的努力目標。由此，主要訴求為減少全球各國二氧化碳排放量的京都議定書將於2005年2月16日生效。其中，歐洲工業大國皆被訂定了削減二氧化碳的目標，而法國的削減義務卻為零。因為在發電過程中完全不排放二氧化碳的核能發電占法國總發電量的八成以上，以致法國的二氧化碳排放量已經很少，所以並沒有被訂定減量二氧化碳的目標。

台電公司後端處林明雄處長在參加國際除役研討會之後，將與會心得撰文介紹「新核能的潛在願景及民營用過核子燃料貯存計畫」。目前美國已經積極地籌建新核能電廠，而民營用過核子燃料貯存計畫也預定今年完成相關法定程序後動工，2007年開始運轉。呈現出一片新的願景。

為了更瞭解低劑量輻射對生物的影響，以及是否可以應用在癌病的治療，日本於1951年即成立了專門的研究中心，希望找出低劑量輻射對人體影響的真相。然而，地球上原本就存在著來自地表及外太空的輻射。在萬物的演變過程中，自然也接受著輻射的刺激，所以地球上的生物或許早已具有順應輻射的防護機制。

核能簡訊出刊至今，已經15個寒暑，非常感謝讀者的支持與鼓勵。這期開始，我們在版面設計上做了些修改，感覺更活潑多彩，應有助於閱讀時的情趣。希望讀者朋友繼續給予我們批評與指教，讓我們可以向下一個15年邁進。



國內新聞 New

曾是台北市污染最嚴重、成為日本旅客觀光景點的台北市中山北路六條通內輻射屋，經原子能委員會三任主委鍥而不捨的努力，終於完成全棟拆除作業，成為我國爆發輻射鋼筋污染事件後，首棟完全拆除的重度污染輻射屋。

（中國時報.93.11.22）

新竹市明湖路草湖山莊社區日前被偵測證實有別墅受到輻射鋼筋污染，引起各界譁然。原子能委員會派員偵測該社區70棟在民國71年到73年間興建完成的別墅，又新發現一棟別墅受到輻射鋼筋污染。但原能會認為，兩棟建物都是單點狀局部污染，應屬少數下腳料鋼筋受到污染的偶發個案。

（中國時報.9312.06.）

經過核能電廠附近居民爭取多年後，原子能委員會將於明年元月起，針對核能電廠半徑5公里內，被列為緊急計畫區內的住戶，挨家挨戶發放碘片，讓居民在核子事故發生後，輻射物質外釋可能達到危害人體警戒值之前，自行服用，以免吸入放射性元素，受到輻射傷害。

（中國時報.93.12.14）

明年2月16日京都議定書即將生效，屆時將連帶影響到我國的能源政策。

首先在能源結構上，高碳能源的煤所占比重由29%提高至32.6%，但石油則由51.3%略降至50.8%。另外低碳能源中的水力及核能卻又大幅減低；國內在京都議定書的壓力下，勢必要有所調整。



而在民國89年之後，政府的能源政策一直以「非核家園」為主要考慮，發展再生能源與節約能源反而退居二線，加上能源價格偏低與產業結構的關係，使得能源節約的效果始終不彰。

（中央日報.93.12.21）

行政院首席科技顧問中央研究院院長李遠哲日前向政府建議，因全球能源短缺問題，「非核家園」可能得調整至2050年實踐。

台電董事長林清吉已於日前指示，台電核能部門協同原子能委員會共同辦理核能電廠使用年限延長計畫，3座核能電廠服役年限將由40年延長到60年。李遠哲強調，核能電廠是必要之惡。

（94.1.10.自由時報）

INFORMATION



國外新聞 New

■ 美國核准4部反應器換照以及1部反應器擴充

美國核能管制委員會核准位於伊利諾州艾塞隆的德瑞斯登（Exelon's Dresden）及夸德（Quad）市4部反應器換發的許可證，有效期為20年，至2029年及2032年止。此舉使得全美104座核能反應器中的30部工作壽命延長至60年，設施經營者因此得以對更新機組組件上投注大量的資金。另外核管會也核准了位於恩特基（Enterg）公司的印地安點（Indian Point）2號機的45百萬瓦電反應器擴充至1040百萬瓦電。（UIC Newsletter #6/2004）

■ 核能電廠延壽比建火力電廠節省10億美金

美國內布拉斯加公用電力局（NPPD）經過10月的審慎評估後，赫然發現如果旗下古柏（Cooper）核能電廠延壽20年，將比新建1座同規模（600百萬瓦電）的燃煤電廠要便宜10億美金。NPPD已經決定向美國核管會申請延壽。（World Nuclear Association News Brief 04.44期）

■ 美國民意支持核能

根據美國核能研究所（NEI）委託比斯康提研究機構（Bisconti Research Inc.）所作的最新民調顯示：有67%的美國人支持核能，而且有30%的美國人表示強烈支持的態度。只有12%的民衆強烈反對。顯示支持核能已經是主流意識。

更令人驚訝的是，有3/4的男性受訪者、61%的婦女與2/3的環保人士都支持核能。此外，有80%受訪者認為核能在美國未來電力供需上扮演重要角色，71%民衆認為應保有核能，甚至有62%民衆接受新建核能電廠。

這項調查於2004年10月14日至17日以電話訪問1000位成年美國民衆而得。（World Nuclear Association News Brief 04.44期）

■ 美國能源部撥款推動新建核能電廠

美國能源部正式撥款給2組團隊，以推動在2010年之前興建第3.5代新式核能電廠。

NuStart Energy Development LLC集團由9家電力公司與2家反應器製造廠家組成，系統可能採用西屋公司的AP-1000型APWR或奇異公司的精簡型BWR（Economic Simplified Boiling Water Reactor, ESBWR），已獲得400萬美金補助款。

此外，由多明尼恩．恩特基（Dominion Energy）結合AECL、貝泰與日立，可能採用ACR-700型進步型CANDU反應器，獲得900萬美金補助，廠址已選定在北安那（North Anna）。

這2個團隊將在2005年底之前完成細部規劃，並由DOE遴選其中之一，進行全程發展，並希望在2010年前，至少興建1座進步型核能電廠。（World Nuclear Association News Brief 04.45期）

法國宣布新反應器廠址

法國電力公司(EdF)已經宣布位於下諾曼第（Lower Normandy）的弗拉曼維爾（Flamanville）將是其第一座法式歐洲進步型壓水式(EPR)反應器的廠址。在最後考量過程中，有兩個沿海廠址，隆河(Rhone River)畔的垂卡斯丁（Tricastin）以及弗拉曼維爾，其各已擁有兩部1300百萬瓦電的反應器，而其中弗拉曼維爾當地對本計畫的支持度最大。這部來自法馬通(Framatome)公司第三代新型1600百萬瓦電反應器是法國電力公司將要建造的10部中的第一部，法馬通正尋找來自比利時、德國、義大利和西班牙電力公司的投資，「使法國電力公司以具有競爭性的方式更新它的機組容量」。法國電力公司目前將正式地向國家委員會提出此計畫以辦理公聽會，預估在為期一年全國性的討論之後，將開始其正式的核准申請。預計在2007年開始建造，大約在2012年，亦即在芬蘭位於歐基盧歐圖（Olkiluoto）的首座EPR運轉之後的2年開始運轉。（UIC Newsletter #6/2004）

德國政府的核能需求正在加溫

德國電廠運轉協會提出在符合京都議定書及目前政府的政策前提下，如何達到2020年電力需求的方案。其中包括至2023年為止核能電廠的逐步淘汰，以及提供來自再生能源20%的電力。這些政策牽涉到需要37,000百萬瓦電新的石化燃料電廠，也包括目前20,600百萬瓦電核能容量的替換，即使如此仍無法將整個國家的二氧化碳排放量降低40%。因此「想要同時達到逐步淘汰核能電廠且達到二氧化碳排放量降低是不可能的」。

這個結論與德國經濟部的警告一致，然而目前為止主要的電廠經營者並不願意批評政府的此一政策。但是當環保政策逐漸使經濟失利，設施經營者也就較能公開地面對此問題。自從1998年德國社會民主黨（SPD）執政開始，由於政府的大量補助，更新容量達到17,000百萬瓦電－實際風力發電的成本是每度為0.07至0.09歐元（為核能及燃煤發電成本的2倍），且要求輸入關稅補助平均每度0.062歐元。為了遵循目前的政策，到2020年以前尚需另外30,000百萬瓦電的更新容量，估計約需花費800億歐元。或者，如果核能電廠的逐步淘汰能延至2020年，政府的二氧化碳排放量降低目標便可能達成。（UIC Newsletter #6/2004）

瑞典將在2005年關閉巴塞貝克2號機？

在與11座核能電廠的設施經營者針對電廠的未來討論2年之後，不管替代能源的條件適合與否，瑞典政府停止了討論並宣布明年將關閉運轉28年的巴塞貝克（Barseback）2號機組。對於因政治的考量而提早在1999年關閉的1號機的補償，花費瑞典納稅人大約80億瑞典幣（9億歐元），這種情況可能重複發生。此電廠每年$4.5x10^{12}$瓦電的產量將由芬蘭和俄羅斯核能發電替代，而其中俄羅斯的替代電力是來自歐盟急於關閉的老式車諾比爾型反應器。瑞典的電力45%由核能提供、36%來自水力，而有10%則仰賴進口。（UIC Newsletter #6/2004）

瑞典人支持核能

10月在瑞典的一次民意調查結果顯示，有82%的人表示持續地支持核能，對於進一步發展核能（不只是替換現有的反應機組）的支持比例顯著增加了21%，因環境因素而優先選

擇逐步淘汰核能電廠的比例為1998年的一半－目前僅為7%。76%的人認為防止溫室氣體的增加是「最重要的」，14%的人則認為保護未開發河流免受水力發電是「最重要的」。60%的人認為政府提議在2005年關閉巴塞貝克2號反應器是不智的，但政府當局仍繼續其官方核能「逐步淘汰」政策，以做為與其他在野聯合政黨交涉的籌碼。（UIC Newsletter #6/2004）

瑞士核能電廠獲得無限期營運執照

瑞士NOK電力公司(Nordostschweizerische Kraftwerke) 旗下Beznau-2反應器獲得該國無限期營運執照。計畫經理內夫（Walter Nef）認為：「我想不出任何會限制我們的原因。」新的瑞士核能法規採用全新的思維：只要核能電廠驗證可以安全營運，就沒有任何營運年限的限制。（World Nuclear Association News Brief 04.47期）

歐盟提供10億歐元做為除役之用

在應允歐盟關閉兩座立陶宛和兩座斯洛伐克反應機組的條件下，歐洲委員會提撥10.5億歐元的經費。Ignalina 1號機和2號機是以石墨作為緩和劑的大型車比爾型RBMK反應機組，分配到8.15億，而Bohunice 1號機和2號機是早期的VVER-440機組，分配到2.37億。在這兩個案例中，資金的提供是為技術除役以安排替代容量。（UIC Newsletter #6/2004）

土耳其將新建3座核能電廠

為避免未來電力短缺的窘態，土耳其能源部長古勒（Hilmi Guler）宣布，將建造3座總容量約4,500 百萬瓦電的大型核能電廠，並於2011年之前商轉。

古勒表示，這些核能電廠將供應該國8-10%的電力，目前考慮仍以鈾燃料循環為主，也不排除釷燃料循環；但確切場址與商轉日期仍未決定。（World Nuclear Association News Brief 04.47期）

中國大陸推動反應器廠商

山門（Sanmen）和陽江（Yangjiang）第三代的核能發電廠給潛在供應廠商1個月時間決定是否參加，5個月的時間決定其出價，預期2005年下半年會有結果。這個敏感的問題由代表中國大陸的國際技術進出口公司發布，之後並與3家供應商進行一次的會議。出價將以技術的層次、價格，區域性滿足、以及技術的轉移等方面來評估，期望成功的設計成為未來中國大陸核能電廠的基礎。阿瑞瓦（Areva）公司將對1600百萬瓦電歐洲壓水式反應器出價，西屋（Westinghouse）公司則是1090百萬瓦電AP1000型反應器，而ASE公司是1000 百萬瓦電的AES-92型反應器。前兩種設計是第3+代機組，最後一種型式較不成熟，但是或許其隔夜資本成本將比其他型式預期的每瓩電1200到1250美元便宜。韓國水力和核能電力公司也想要提供它的APR-1400型反應器設計。（UIC Newsletter #6/2004）

日本再次承諾再處理用過反應器燃料

日本原子能委員會的諮詢小組以絕大多數優勢（30票對2票）決定繼續六所村（Rokkasho-mura）再處理廠的商業運轉。目前實質上已完成，花費約2.4兆日元（200億美元）。與美國相同，日本原子能委員會拒絕用

過核子燃料的直接處置。此舉被視為是未來數十年的工業與政府聯合核能政策的一個主要里程碑。

最近一項政府的研究顯示，在下一個60年中再處理核子燃料的費用將會更加昂貴－每度電1.6日元，而直接處置則為0.9-1.1日元。轉換為總發電成本為每度電5.2日元，如未考慮對新電廠的投資，則每度電為4.5-4.7日元。日本的國家政策以能源供應的安全性為基礎，並以回收未燃燒的鈾及鈽做為混合氧化燃料，萃取出額外25-30%的能源。（UIC Newsletter #6/2004）

南韓核電再添生力軍

南韓蔚珍（Ulchin）核能電廠再添新生力軍，該廠5號機於11月2日正式商轉。該機組為容量1,000 百萬瓦電的壓水式反應器，從1999年開始建造，2004年1月竣工。而姐妹機組蔚珍 6號機將準時於2005年中竣工。

目前韓國有19座核能電廠，總容量為15,880 百萬瓦電，恰為台灣的3倍，供電比例超過40%；在未來10年還要增加9座電廠，再擴充容量10,160 百萬瓦電。（World Nuclear Association News Brief 04.45期）

跨過最後障礙的京都議定書

在數年的內部爭論之後，俄羅斯政府批准了京都議定書，並將其送進國會。此舉被視為對歐盟的一大讓步，更是此議定書得以實施的關鍵。其後國會以334票對74票批准，而上議院更以139票對1票的結果通過了此議定書。現在有了總統的簽名，議定書將在2005年2月中旬具有法律效力。從此全世界有129個國家（超過55%），其造成溫室效應氣體的釋出必須遵守此議定書。簽署議定書的38個工業化國家中，只有美國和澳洲尚未通過立法，而澳洲保證會達到議定書中二氧化碳釋出降低的目標。

俄羅斯對京都議定書的批准也將為碳的國際化釋出貿易開出一條路來。原本在芝加哥氣候交換所，釋出二氧化碳權利的費用每公噸在1美元以下，但是在歐洲釋出貿易計畫宣告之後，一舉躍升為每公噸11美元以上（即每公噸的碳釋出權利費用為40美元），估計俄羅斯在第一輪京都議定書的目標期間，每年經由出售未使用部分的額度，大約可賺進100億美元。然而，如以6%的經濟成長率來估算，到了2010年俄羅斯很可能成為釋出額度購買者。到下一輪至2020年的目標值討論將於2008年開始，很可能牽涉到像中國大陸及印度等國家，並且包括更深入的釋出縮減。（FT 30/9/04, Guardian 1/10/04, UNFCC 22/10/04.）

車諾比爾落塵影響瑞典民眾致癌率極微

根據瑞典Linkoeping大學最新研究顯示，車諾比爾事件落塵可能對瑞典北部影響最嚴重區域的110萬人口，造成約800個額外癌症案例。

從絕對值觀察，800個額外增加病例確實有顯著影響；但通常正常族群的平均致癌率約為20-25%左右；換言之，110萬人口的自然癌症罹患病歷就有220,000至275,000例；800例只占其中約0.3%。坦白說並沒有任何流行病學的統計意義，因此許多瑞典輻射專家都質疑這項研究的準確性。（World Nuclear Association News Brief 04.47期）

（因本刊篇幅有限，部分國外新聞將在網站中刊登，網址：http://www.ess.nthu.edu.tw/~nicenter）

INFORMATION



地球與未來
------環境與能源總體檢------

■ 劉振乾

一、地球表層發出的信號

———溫室效應，沙漠化，人口爆發、刻化的環境問題———

1. 世界人口激增

依據聯合國人口基金會的「世界人口白皮書2001」，2001年8月的世界人口已達61億人。預計2050年時會增加50％，而達93億人，所增加的人口大部分集中於開發中國家。

為了讓地球上的所有的人將來也能維持相當水準的生活，更進一步的經濟發展是不可或缺的。而經濟發展會帶來資源、能源的大量消費。不但會產生局部的環境惡化，且會引起地球規模的衝擊。

2. 氣溫上升中

近年，受到注目的地球環境問題則為「溫室效應」。根據IPCC（有關氣候變動的政府間計畫，屬於聯合國內之一組織）逾2001年3月所發表的第三次評估報告書，20世紀中的氣溫上升量約0.6度，比過去任何一世紀的值都高。而地球的平均海面水位也在同一時期上升0.1–0.2公尺。其原因在於氣溫上升導致海水膨脹及雪冰面積的減少。
該報告書預測地球的平均地上氣溫在1990年到2100年間會上升1.4–5.8度，且因此將產生很多影響。

3. 溫室效應招來的危機

氣候變動研究最權威的日本學者真鍋淑郎博士說：「由於溫室效應，將使北美大陸西南部及地中海周邊的半乾燥帶的土壤水分減少，砂漠化會愈來愈烈。」在這類地區，農業將需用更多的水，水的調度、管理將成大問題。

台灣雖然沒有「砂漠化」的問題，但2002年上半年台灣北部的乾旱，導致限水，卻也讓台灣居民飽受折磨。可見用水不足的問題實在是令人頭痛的。

根據上述IPCC的報告，21世紀末，降水量會增加5％，而高緯度地區河川流量會增加兩成，豪雨及洪水的危險性也隨之大增。

4. 原因在於人類活動

溫室效應的原因有些還不大清楚，但其

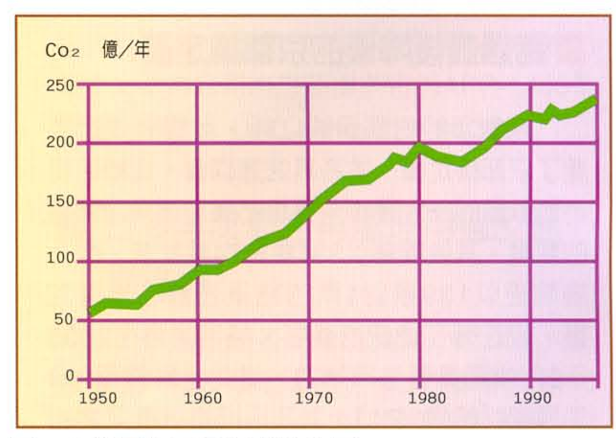


圖1 全世界的二氧化碳排放圖

最大的原因應為人類活動所產生的溫室效應氣體排放量激增所致。

根據UNEP（聯合國環境計畫）所出刊的「地球環境概說2000」，1996年的全球二氧化碳排放量約為239億噸，創歷史新高，此值為1950年時的4倍值。而根據前述的IPCC報告書，現在大氣中的二氧化碳濃度為過去42萬年間最大，也可能過去2千萬年間最大的值。本來是數千萬年、億年的時間跨度（span）緩慢變化的氣候變動，恐怕會在100年–200年的短時間內產生。

有些研究成果指出，如果完全不加管制，在2–300年後，大氣中的二氧化碳濃度會變為現在的4倍。如果這樣，全球平均氣溫上升7度，陸上會上升7–12度。這氣溫相當於恐龍身為地球霸主的白堊紀後期的溫度。

5. 地球規模的對策為當前急務

除了溫室效應，由於耕地的擴大，家畜數的增加，森林採伐等原因的砂漠化，臭氧層遭破壞等地球規模的環境問題正變本加厲。

尤其近二、三年來，中國西北方沙漠化情形日益嚴重，沙塵暴發生頻率增加，強度增強。根據台大工衛所教授詹長權所進行的一項研究顯示，過去3年間，每在中國大陸沙塵暴發生之後數天，台大及新光醫院在心肺疾病方面急診患者，便有顯著增加的趨勢。

二、地球模擬器

———說明並預測環境變動———

世界各國對今後的環境變動預測，均在努力進行之中。以日本為例，2002年3月啓用了名為「地球模擬器」的世界最高性能的超級電腦，耗資4百億日圓，設於海洋科學技術中心的橫濱研究所內。

設置於該研究所內模擬器棟（面積50_60公尺）的系統，對於地球溫室效應及聖嬰現象均可重現，實現了「假想地球」。

三、有限的資源

我們生活的地球表層部分地殼的厚度約為100公里。而地球的半徑為6000多公里，地殼厚度不到它的1/60。根據地質學家研究，在超過深度5000公尺以下的地下，不太可能存在液體的石油。在如此有限的地層中被確認的能源資源可採年數（以目前技術有辦法開採的已確認的埋藏量）為石油39.9年（2000年），天然氣61年（同），煤277年（同），鈾64年（1999）。如圖2所示。

四、核能發電如何減少二氧化碳排放

核能發電在發電的過程中完全不排放二氧化碳（圖3）。被稱為核能大國的法國，核電占總發電量中的比例高達八成，因此二氧化碳的排放量與其他歐盟各國相比相當低。在京都議定書，各國，以整體而論，應達到比1990年少8％的二氧化碳排放量，但各國別的目標則隨其國内情形而異。比如削減義務為英國12.5％，德國21.0％，義大利6.5％而法國則為0.0％，這是因為法國核能電廠多，在現狀下其二氧化碳排放量已經很少，所以沒定目標為0％。

在法國之所以積極推動核電的背景為資源小國，其大部分的能源資源靠進口之故。日本之所以積極開發核能也是基於同一理由。不過近來又加上「可削減二氧化碳排放量」的另

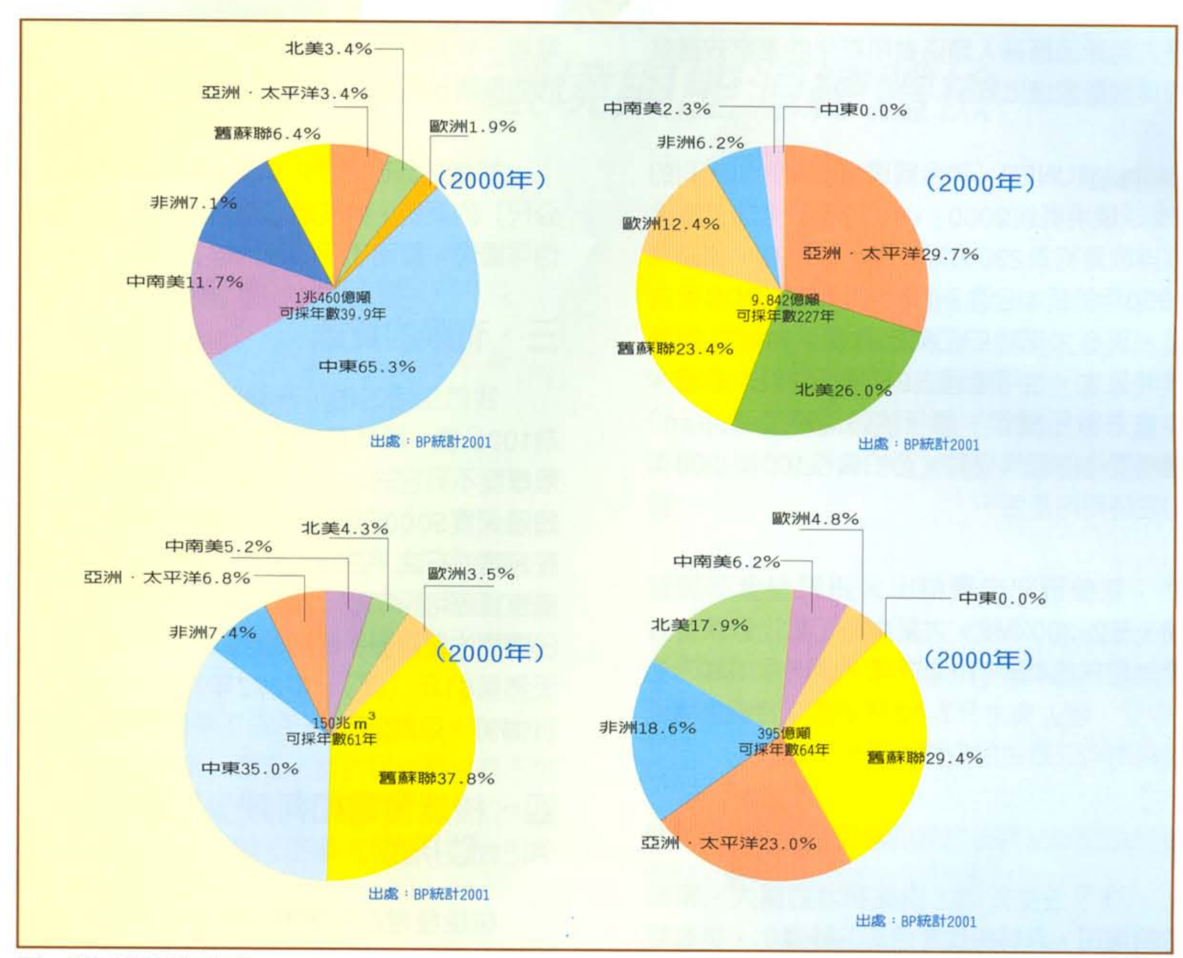


圖2 世界能源的分布

一優點了。【每度電所排放二氧化碳量，燃燒火力為核能發電的50倍（975對22）】

五、高強度放射性廢料的深層地質處理

——充分發揮地球科學的成果——

產業革命之後，人類自地球取出有用的東西（鐵等金屬資源，煤、汽油等能源資源）加以利用。然後又把無用的東西（廢棄物）還給地球。在資源的探查開採上地質學等地球科學的研究曾做出很大貢獻，不過在廢棄物的處置上，地球科學的研究也大大派上用場。其中一例即為核能的廢棄物處置計畫。

在日本，將核能電廠的用過燃料加以再處理，取出鈽等可再利用的有用資源後，所產生的高強度核廢棄物以深層地質處置的方式加以處理。

所設定的深層地質處理的系統，乃由工程上的技術所設置的人工障壁，如玻璃固化體、外包裝、緩衝材料與天然的障壁（地層）所組成的多重障壁系統。為了評估長期的安定性，必須做跨工程、理學等多領域的研究開發

與互相的了解。

日本岐阜縣土岐市的核燃料循環開發機構的東濃地科學中心，在東濃今廣山及其周邊正做地層科學研究，以確立如何測知地下深處的地下水與岩盤的情形的方法。

六、天然的反應爐--奧克羅反應爐

在自然界的種種現象中，最有趣的莫過於存在「天然反應爐」。1972年9月，法國核能廳（CEA）發布消息，指出：「20億年前，自然界造出了世界第一個反應爐」而讓大家至為興奮。

發現天然反應爐的地方為非洲南部加彭共和國的奧克羅礦山。所以能找出這奇蹟，乃因在該礦山所生產的天然鈾的組成，找出其中有可分裂的鈾235的成份特別低的地方。

當鈾產生核分裂時所產生的熱轉換為能源加以利用乃為「核能」的原理。這時核分裂的鈾235會產生中子及核分裂產物，其中子經與不會發生核分裂的鈾238等的結合，變為鈽等其他核物質。奧克羅礦所生產的天然鈾中鈾235的比率極端地低，乃表示在該地過去曾發生大規模且自然的核分裂反應。

根據CEA的調查，該天然反應爐的核分裂，相當於將百萬瓩級的5部核能機組運轉1年的結果。而更特別令人注意的是，由此產生的放射性物質，雖然20億年之久，仍有效地埋於地下，且安定地封閉於其內。

七、新能源的展望

太陽能發電、風力發電、地熱發電等都是不會產生二氧化碳，是對地球很溫柔的自然能源，但也不是沒有問題。自然能源由於能源密度低，要取出能源就要花上大成本，其效率、容量因數也低。以太陽能發電來說，發電效率為10–15％，容量因數只有12％（意思是1年8760小時_，只有約1000小時會啓動）。

其價格，以現在的標準家庭用的放置屋頂型3瓩級系統的平均設置價格約為200萬日圓。每瓩的設置單價雖已降到10年前的約1/6，但每度電的發電成本仍高達約60 日圓（約台幣20元），這是向電力公司購電價錢的3倍。

至於風力發電，發電效率較高，有25–30％，其容量因數全日本平均為兩成。不過其出力變動大，對電力系統的影響相當大。發電成本大規模系統：每度電10–14日圓，中小規模則每度電18–24日圓，為火力發電的1.5到3倍左右。

大型的風力發電機及發電技術已經成熟，成為工業產品。因此全世界在過去5年內， 風力發電使用量增加了3倍。2003 年初，全世界共有3,200萬瓩的裝置容量，以美國及歐洲的丹麥、德國及西班牙最多。

德國之所以推廣風力發電那麼成功，主要歸功於政府以高價格保證收購（每度電收購價合台幣約20元），利潤大的事業自然有人投資 ，但也要有適合的風況才行。

台灣從2000年起，已經在雲林麥寮，澎湖中屯及新竹竹北裝設了3個大規模的風力發電系統，總共10部大型風力機，裝置容量有8,450瓩，總算跟上世界潮流。台灣的風力發電潛力約有150 萬瓩，規劃及即將設置的有25處，共58萬瓩，其中台灣電力公司就計畫在2011 年前，至少裝設200 部風力機或30萬瓩

裝置容量。

歐洲民眾雖對再生能源大多抱持正面態度，但亦存有強烈的鄰避心理（即Not In My Neighborhood，不要在我家鄰近之意）。以風力發電為例，反對理由包括噪音、對電廠周邊造成視覺妨礙、地價下降以及不利觀光業發展等。

日本的北海道電力公司也面臨同樣的問題。在日本，即使有政府的大力支持，預計在2010 年包含再生能源在內的新能源占全部能源中的百分比也不過3%而已。對環境很好的再生能源的普及是重要的事，但還只是小配角而已。 3%中很多來自地熱發電。

日本的地熱發電共20 部機組， 設置容量54萬8，900瓩，為世界有數的地熱發電國。

八、詳論自然能源的成本

依2001年的風力發電設備引進實績，日本的成長率為比前一年增加90％，為世界最高的成長率。但是日本的累積設置的設施為約13萬瓩，與德、美、西班牙相比，少了很多。不過考慮到日本幾乎沒有一個地方能保證高的容量因數（即全年8760小時中，能啓動的小時數），那麼這13萬瓩也不算少了。

日本風力發電成長情形，近幾年頗有進展。2002年為46萬瓩，2003年成長為73萬瓩，2004年更擴充到100萬瓩。估計到2010年可達到200萬瓩的規模。

另一方面，日本的太陽能發電績效占全世界約45％，為世界第一。但太陽能發電的出力不穩定，需要備用電源。而如表1所示，要發出與核能發電一部機組（100萬瓩）同樣的一年發電量，所需投資額高達日幣6到7兆日圓，為核能電廠（3000億日圓）的20倍以上，且所需面積廣達67平方公里。

九、溫室效應對策與核能發電的功用

———訪東京大學名譽教授茅陽———

日本政府已制定的「地球溫室效應對策推進大綱」有4個重點。其中以「明確了解環境與經濟之雙贏」與「採行一步一腳印的推動政策」最為重要。

核能發電不僅在溫室效應對策上，當作準國產能源來說，在供應面的優點也甚多，長期來看也是低成本的。如何確保核能發電在今後也是大事一件。

問題出在電力市場的自由化。當電力公司控制市場時，所謂的電源最佳搭配（best mix，即火力占多少，水力占多少，核能占多少）很容易達成。但在完全競爭下，並不一定會自然地形成最佳電源搭配。在競爭市場的發電式業者對於風險多（籌備及建廠中的風險，

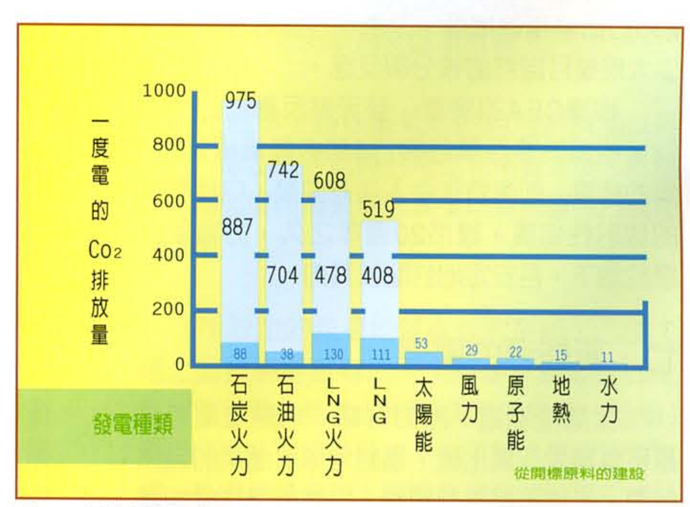


圖3：各別電源之二氧化碳排放量

及拒絕建廠的風險），建廠時間長的電源勢必敬而遠之。如此一來，達成最適的核能比例的可能性就低了。

在自由化中，應明確地把核能發電加以定位。因此中央政府的態度，在核能開發的達成上就舉足輕重了。自由化其實就是把各色各樣的決斷委諸市場（看不見的手）。以核能發電來說，有很多自由市場無法決定的因素。中央政府要「老神在在」才有辦法推動核能。

茅教授的專長是以環境能源為對象的系統工學，擔任綜合資源能源調查會會長，此會為經濟產業大臣的諮詢機構。茅教授的一席話，對台灣的電力自由化以及民營化應有所啓示。能源乃一國立國的基礎，千萬要小心從事。

十、在50年內，地球面臨耗竭

———世界自然基金會警告人類若不加以節制，恐須移民外太空兩個星球才能存活———

根據「世界自然基金會」（WWF）於2002年7月9日發表的報告警告，過去30年間已有逾1/3的自然界被人類摧毀。

報告說，人類系統化地對地球資源過度開發，已造成北大西洋鱈魚蘊藏量自1970年的26萬4千噸盛況銳減至1995年的6萬噸。研究也顯示，地球生態系統在1970年至2002年間迅速衰竭，地球森林面積縮減12％，海洋生物多樣性減少1/3，淡水生態系統甚至銳減55％。

報告以指數的方式呈現世界森林、海洋與淡水生態系統的驚人惡化情況。若以1970年為基準100，目前的指數已在一個世代（僅30年）內降低至65的新低。
全球63億總人口中的20億人根本沒有使用電力，1/3則是僅使用到100瓦以下的電力（意即使用如電燈泡等低功率的電氣用品）。剩下的1/3才是如同你我，住在已開發國家的人。

報告中警告，富裕國家浪費資源的生活方式，才是自然資源耗竭的元兇。在做「資源回收」的同時，我們是否應該檢討一下我們的生活方式？

（本文作者為台電公司退休工程師）

參考資料：

1. 「地球與未來」電氣新聞特別增刊號 Vol.82002年5月出版
2. 2002年7月8日 自由時報
3. 2002年7月5日 NHK報導
4. 2002年6月29日 自由時報
5. 2004.2.26日刊工業新聞
6. 2004.11.9日刊工業新聞
7. Hiroba（廣場）月刊＃313，2004年2月，田中裕子演講稿：「我們的生活與環境」。
8. Energy Review（日文） 2004 年10月號，「歐洲的再生能源，以風力發電為主」
9. 火力原子力發電 2004年10月號 （地熱發電特集）
10. 中村政雄：核能與報導 2004 年11月10日 1st Printing。中公新書 中央公論新社發行
11. 徐宗正:「影響歐盟各國再生能源發展因素」 2004年12月能源報導
12. 徐瑞鐘:「更貼近的綠色生活 台灣再生能源推廣近況」 2004年3月能源報導

更正啟事

核能簡訊第91期第3頁中，SWU原譯為分離，應為「分離功單位」，特此更正，並向讀者致歉。

INFORMATION



新核能的潛在願景及民營用過核子燃料貯存計畫

■ 林明雄

筆者有幸參加2004年10月4日由美國TLG主辦的國際除役研討會，主辦單位的母公司─恩特基核能（Entergy Nuclear）公司總經理蓋瑞．泰勒（Gary J. Taylor）的演說題目是「新核能的潛在願景」（The Promising Potential of New Nuclear）。

他首先提到眾所周知有關未來的三件事：（1）有限的油汽供應，（2）越來越嚴格的環保法規，（3）後代子孫要很多的電力及清潔的空氣。整個世界需要更多的能源，我們需要能源多元化。美國是地球上二氧化碳最大的排放者，如要以風力發電取代核電，須占用明尼蘇達州全州土地；如以太陽能取代，則須占用西維吉尼亞州的面積，更何況無法完全取代。恩特基公司已結合11家電力工業領導者開始開發兩種設計簡單、設備較少、容易興建的新型核子反應器，預計2010年開工，2014年開始運轉。

美國自1996年迄今的民意調查，每年同意核能應是美國提供電力的方式之一的比例高達58-65%。自1979年迄今，北極冰帽已溶化超過20%，後代子孫將依靠我們，而我們能承擔錯誤的抉擇嗎？

與會人員完全同意泰勒總經理的演說內容，希望各國政府能支持核電發展。

另一位是美國民營核子燃料貯存公司─LLC公司董事長約翰．帕金（John D. Parkyn），他提出「美國民營用過核子燃料貯存計畫」專題報告，其重點如下：

美國唯一的民營用過核子燃料貯存公司也是全世界僅有的一家，是在1995年由美國8家電力公司合資組成（因美國能源部的用過核子燃料最終處置計畫嚴重延宕，且經電力公司告到法院勝訴才合組），1997年向美國核管會提報最終環境影響聲明（Final Environmental Impact Statement）及最終安全評估報告（Final Safety Evaluation Report）審查。目前正在進行其他相關法律程序，包含各種公聽會、地方及州政府法院問題處理及飛機撞擊測試分析等，預定2005年完成所有法定程序，由地方及最高法院決定後開工，測試火車運輸系統，2007年開始運轉。

身為國際社會龍頭的美國，已經明白宣示核能是未來不可或缺的能源選項，同時也身體力行逐步振興核能工業，新核能的願景已近在眼前。

（本文作者為台電公司核能後端營運處處長）



日本電中研的低劑量輻射研究中心簡介

■ 葉有財 博士

前言：

——自有生命誕生時輻射就已經存在——

約45億年前，地球誕生以來，就存在著來自地表放射性物質的輻射，以及來自太空的輻射。在這種環境裡，大約35億年前生命就誕生。經過長時間不斷進化之後，約在2百萬年前，出現了現代人的祖先。回顧這樣的生命演變歷史、生物長時間不斷接受輻射的洗禮，誕生，進化，並繼續生存。在此演變過程中，生物自然地接受微量輻射的刺激，並善加利用。因此，如果說生物已經具有順應輻射的防護機制，應是理所當然的。

一、電力中央研究所

電中研（Central Research Institute of Electric Power Industry, CRIEPI)是1951年由日本9家電力公司共同創立的財團法人研究機構。其所屬研究單位很多，包括狛江研究所與在東京的本部。研究人員六百多名，研究領域廣泛，從自然科學到社會科學都有。為支援電力事業全盤性技術與經營，凡是有關電力事業的前瞻性研究，都是以公益性與中立性的立場來執行。另與國內外的研究單位技術交流與合作，並將研究成果回饋社會。另一方面也向政府建言有關能源政策。

鑑於低劑量輻射對生物作用的重要性，電中研自1988年起，加強與國內外研究機構的合作研究。為促進輻射在醫療、產業的應用，推廣核能的和平用途。認為21世紀人類與輻射的關係將愈形重要。於是狛江研究所區域內，於2000年10月成立「低劑量輻射研究中心。

二、低劑量輻射研究中心的三大目標

1. 瞭解低劑量輻射對生物影響的真相

對於低劑量輻射特有的生物反應，尤其是劑量、劑量率、以及影響機制的內涵真相的瞭解。以減輕社會大衆對輻射的恐慌與不安。

2. 改訂合理的輻射防護基準

目標鎖定與輻射風險最為密切的「致癌」問題。驗證低劑量輻射的抑制致癌效應。並蒐集相關的資訊，檢討改訂基於「再微量的輻射，仍為有害的無低限直線假說」而制訂的現有輻射防護基準。

3. 探索醫療應用的可行性

應用低劑量輻射對生物的效應，探討治療癌病及減輕活性氧相關疾病的可行性。

三、積極推廣正確的輻射知識

該中心以全國核能界與醫療相關人員為對象，介紹低劑量輻射的研究內容。舉辦演講等活動。將來準備提供專家學者，有關低劑量輻射研究的資訊，以及諮詢等服務。

網站：http://criepi denken.or.jp/CRIEPI/ldrc/ldrc-jhtm/